

A Dörzsölési elektromosságtól Voltáig

Elektrosztatika a XVIII. században

Az elektromos jelenségek iránt a XVIII. században igen nagy volt az érdeklődés világszerte. Előkelő salonokban, vásártereken egyaránt népes közönségre talált a kísérletező, aki szikrákat tudott az emberek ujjából kicsalni, szelíd izgalmat okozó elektromos láncot alkotott a nézőkből stb. Új játékszert kapott az emberiség, amellyel mulatságos dolgokat lehetett produkálni.

Az elektromosságnak ezt a szórakoztató jellegét két esemény változtatta meg a század derekán: a leydeni palack az időközben egyre tökéletesedő elektrosztatikai gépek segítségével lehetővé tette nagyobb mennyiségű elektromos töltés felhalmozódását, és ezzel igen nagy

szikrák előállítását. Így már könnyebb volt az elektromos szikra és a villámlás közötti rokonság megállapítása, és a villámhárító igen nagy gyakorlati haszna mellett már kezdték megsejteni, hogy sokkal többről van szó, mint játékról: komoly energiaforrás került az emberiség kezébe. A játék komolyra válását egyébként Richman tragikus halála is jelezte 1753-ban. Mindez megmagyarázza Franklinnak, a légköri felfedezéseinek népszerűségét és gyors elterjedését. Ehhez persze hozzájárult rokonszenves egyénisége mellett politikai szereplése is, ezek a felvilágosodásra váró emberiség szemében a XVIII. század egyik legkiemelkedőbb személyiségévé tették Franklint.

Ha most a Felvidéken az elektromos ismeretek terjedését vizsgáljuk, itt is élesen elválík egymástól a Franklin előtti és a Franklin utáni korszak. Valamiféle érdeklődés már megmutatkozik ugyan a XVIII. század elején is, de a korai tankönyvekben az elektromosság valahol a „kövek” közt kerül említésre, míg a villámlásról rendszerint a „tüzes meteorok” keretében esik szó, együtt a repülő sárkánnyal, a hullócsillaggal és a lidérccel.

Franklin felfedezése a Felvidéken is rendkívül gyorsan terjedt el. A tankönyvszerzők nagy része sürgősen feladja a jezsuita Nollet effluviumos elméletét, és elfogadja a Franklin-féle egyfolyadékos hipotézist, ismerteti a sűrítőt és villámhárítót.

Ezen túlmenően azonban létrejön egy elég gazdag, csak az elektromossággal foglalkozó irodalom, amely valamivel nagyobb, mint a fénytani és hőtani, színvonalban pedig elég korszerű, ha nincs is szó itt sem jelentős eredeti alkotásokról.

A Franklin előtti időkből való Fischer Dánielnek 'A villámcsapásról, mennydörgésről és villámlásról' szóló latin nyelvű munkája, amely hely és év nélkül jelent meg ugyan, de mivel a címlapon a szerző még késmárki gyakorló orvosnak nevezi önmagát, tehát a megjelenési dátuma kb. 1717-re tehető. Fischer itt sem elégszik meg teljesen a kartézianus magyarázattal. Mint a hőtanban is, itt is egyéni véleménye van: mivel a villámot mesterségesen is elő lehet állítani, mint kén, salétrom és timsó megfelelő arányú keverékét, tanulmányozni lehet, mikor, milyen típusú jelenség jön létre. Így például, ha a levegőbe emelkedő, hevesen mozgó részecskék között több a kénes, mint a salétromos, akkor csak gyenge dörgés jön létre, de nagyobb lesz a tűz stb. Minden tudományos igénye mellett Fischer nem lát egyéb védekezést, mint az imádkozást.

Fischer e munkájának tehát tulajdonképpen semmi köze sincs még az elektromossághoz. Azért kíváncszott mégis e pont elejére, mert mintegy jelzi, honnan indul el a légköri elektromosság megismerése a XVIII. század elején. Ugyanis, mint látni fogjuk, és mint ahogy már említettük is, Franklin felfedezésének döntő hatása volt a Felvidéken az elektromos kutatások fellendítésében.

1751 előtt, amikor még a tankönyvekben is csak elvétve szerepel az elektromosság, tulajdonképpen egyetlen munkát ismerünk, amely elég részletes és korszerű ismertetést ad az elektromos jelenségekről, még hozzá hexametekben! Ez Purgine János (1719–1748) nagyszombati tanárnak 1746-ban megjelent tankölteménye 'Az elektromos erőkről...'

Az életrajzi adatai szerint igen fiatalon elhalt szerzőről csak annyit tudunk meg, hogy nagyszombati születésű, 1736-ban lépett a rendbe, tanított Nagyszombatban az alsóbb osztályokban, majd ugyanott tanult teológiát. Úgy is írja magát alá, hogy „nagyszombati költő”.

A tanköltemény három részből áll. Az első a „saját” (propria) elektromosságról, azaz a később ideo-elektromosságnak mai kifejezéssel a szigetelőknek nevezett testekről, azaz a dörzsölési elektromosságról szól. A második a „közölt” (communicata) vagy symper-elektromos erőről, azaz a vezetőkről szól. Végül a harmadik rész 'Az elektromos testek fényéről és tüzeről' szól.

A hexameteres részeket egy-egy pózban megírt „Argumentum” előzi meg. Ezekben röviden elmondja a költő, miről fognak szólni a versek.

Az elsőben a dörzsölés, vonzás és taszítás alapjelenségeit írja le, és azt ígéri, hogy fel fogja sorolni a dörzsöléssel elektromossá tehető testeket, kísérletekkel fogja illusztrálni a kétféle elektromosságot (üveg és gyanta), és meg fogja magyarázni ennek a jelenségnek okát.

Költőien adja elő ezután, hogy a régiek ismerték ugyan az elektromos erőt, de büszkén vallja, hogy a „mi korunk” hozta napfényre az idők mélyéből. Vergiliusi hasonlatokkal írja le, amint a megdörzsölt üveg (legyen az bármilyen alakú) magához vonzza az apró tárgyakat, majd hirtelen eltaszítja.

A dörzsöléssel elektromossá tehető testek közül a porcelánban lehet szerinte a legnagyobb erőt létrehozni.

Nem tudni, miért, de a kísérleti tények azt mutatják, hogy „a gyantás test kölcsönösen szereti az üvegből álló részecskéket, de méltatlankodva taszítja el azokat, amelyek gyantás természetet mutatnak.”

Ennek hosszú részletezése után következik a jelenségek magyarázata, amely szerint az üvegből apró effluviumok szállnak fel, ezek örvényekké alakulnak, és magukkal ragadják az apró tárgyakat. De szó sincs róla, hogy ugyanaz történe, mint a mágnesnél! Az elektromos test a legkülönbélebb testeket vonzza, a mágnes csak egyet!

A „közlött” elektromos testek csak dörzsöléssel nem hozhatók elektromos állapotba. Ebben a részben egy elektromos gépet ismertet, és elmondja, hogyan kell a vezetőkhöz szigetelő lábakat alkalmazni.

A harmadik részben a megdörzsölt elektromos testek gyenge fényéről, illetve az elektromos szikrákról beszél.

A fiatal költő valóban mindent megtanult és elmondott, amit 1746-ban erről a tárgyról tudni lehetett. Purgine nagyszombati poéta írta tehát az első tanulmányt a Felvidéken az elektromosságról, az utána következőknek már lényegesen nagyobb anyag áll rendelkezésükre, hiszen éppen 1746-ban publikálták Musschenbroek és Kleist felfedezésüket a leydeni palackról, illetve a sűrítőről, és mintegy öt év múlva pedig Franklin „lehozta a villámot az égről”.

Az elektromosság tanulmányozásának tehát a század közepe táján új szakasza kezdődött. A hatalmas szikrát adó leydeni palack és Franklin „levelei”, amelyeket rendkívüli gyorsasággal fordítottak le, (sőt franciául előbb jelentek meg, mint angolul) lázba hozták az európai fizikusokat, köztük a felvidékieket is. Az Újvilág felől valami olyan friss szellő kezdett fújdogni, amely elfújta még a maradék ködös spekulációkat is, amelyeket sem Descartes világos racionalizmusa, sem Bacon és Galilei kísérletezési programja, sem Newton matematikailag alátámasztott fizikája teljesen megszüntetni nem tudott.

A felvidéki fizika szempontjából talán a legfontosabb a kísérletezési kedv felébredése volt. Nem azért, mintha a felvidéki fizikusok általában és elvben nem osztották volna Francis Bacon programját. Erre már a XVII. században is igen sok példa akadt, nem is beszélve a különféle, aránylag korai törekvésekről, hogy a fizikát kísérletekkel lehessen tanítani.

A Felvidéken azonban a kísérleti fizika elterjedését gátolták olyan az objektív tényezők, mint az oktatási intézmények szegénysége, és – ahol ez nem állt fenn, mint pl. Nagyszombatban – a szubjektív tényezők: a hatalom urai nem kívánták, hogy itt virágzó természettudomány legyen, az értelmiség általában – gazdasági-társadalmi elmaradottság következtében – nem érdeklődött eléggé a kísérleti természettudomány és az ezzel kapcsolatos alkalmazások iránt.

Mit változtathat mindezen a leydeni palack és a légköri elektromosság felfedezése? Hogy mennyit változtat, azt már Purgine János tankölteménye megmutatta. Nem sokkal azután, hogy Nagyszombatban Akai Kristóf képtelen skolasztikus számárságait még kiadták, a „nagyszombati poéta” részletesen ismerteti az elektromos kísérleteket, amelyekből az alapjelenségekről világos képet lehet kapni, még akkor is, ha az ezekhez fűzött elmélet még részben a spekulatív kartéziánizmus talaján áll, és a vonzás és taszítás jelenségét örvényekkel

értelmezi. Arról van tehát egyszerűen szó, hogy míg az általános gravitáció okán, a hőanyag mozgásán vagy nem mozgásán, a légkör jelenségeinek értelmezésén el lehet elmélkedni olyan jelenségek alapján, amelyeket a természet készen nyújt számunkra, mint a szabadesést, az égitestek mozgását, a testek hőátadását, a harmat, eső, dér, hó stb. keletkezését, az elektromos jelenségeket magunknak kell előállítani, hogy megismerhessük azokat. Érzékeink általában nem adnak közvetlen felvilágosítást sem az elektromos, sem a mágneses jelenségekről, tehát kísérletezni kell ahhoz is, hogy felismerjük a dörzsölési elektromosság és villám azonosságát, kísérletezni kell ahhoz is, hogy az utóbbi ellen védekezni tudjunk.

Franklin felfedezésének, általában az elektromos kísérletek előtérbe kerülésének jelentősége tehát elsősorban abban áll, hogy az érdeklődés középpontjába olyan jelenségcsoportot állított, amely csak kísérletileg volt megközelítő.

A sztatikai elektromossággal foglalkozó értekezéseknek nem elsősorban a tartalma, tudományos mondanivalója a lényeges. Lényeges a tény, hogy ezek a művek egyáltalában létrejöttek, hogy színvonalban – nem az eredetiségre, hanem a korszerűsége gondolkodunk itt – egyáltalában meghaladják a XVIII. századi fizikai irodalom egyéb termékeit.

Figyelembe véve a fizika, ezen belül az elektrosztatika általános fejlődését, három szempont az, amelyeket mint jellemzőket a vizsgálat céljából kitűzünk. A három szempontnak tulajdonképpen sorrendje, helyesebben fontossági sorrendje nincs. A következőket érdemes egy-egy munkánál vizsgálnunk. Milyen elméletet fogad el az illető szerző, ha egyáltalában foglalkozik elmélet kifejtésével. Milyen önálló kísérleteket végzett el, vagy milyen kísérletek leírását tanulmányozta a jelenségek ismertetéséhez, végül milyen helyet kap művében a légköri elektromosság tanulmányozása. Nem arról van szó, mintha a szóban forgó dolgozatokat ezek szerint a szempontok szerint három csoportba lehetne osztani, mivel mindegyikben ezek közül legalább kettőt megtalálunk, ha nem mind a hármat, hanem csupán azt akarjuk kiemelni, hogy a tanulmányok rövid ismertetése során e három szempontot fogjuk szem előtt tartani, egyébként amennyire lehet, az időrendet fogjuk követni.

Horányi Elek Purgine János után az első, aki az elektromosságot önálló tanulmány tárgyává választja. Tézisgyűjteményének második felét alkotja az a munka, amely Rómában jelent meg, és ennek elméleti állásfoglalását illetőleg annyiban van jelentősége, hogy az olasz és az olaszokkal kapcsolatos kutatókra igen nagy hatása volt a piarista Beccariának. Horányi értekezése címében is hangsúlyozza, hogy Franklin elméletéről lesz szó, amelyet „kifinomított, megerősített és kibővített Beccaria”.

Beccaria ui. egyike volt azoknak a tudósoknak, akik Franklin fölfedezéseinek fellelkesedve igyekeztek most már minden természeti jelenséget az elektromos vonzó- és taszítóerőkkel, illetve a kétféle elektromosság kiegyenlítődésével magyarázni. Így elektromos eredetűnek tartotta a földrengést éppúgy, mint a vulkánok kitörését. A zivatar keletkezését úgy értelmezte, hogy a Föld egyes pontjain nagyobb mennyiségű elektromosságfőlölesleg gyűlik össze, az átmegy a felhőkbe, a felhők elszállítják az elektromosságot olyan helyekre, ahol hiány van (negatív elektromosság) akkoriban, és itt aztán a kisülés létrehozza a zivatart. A világos és egyszerű elmélet sok kortársának tetszését megnyerte, bár arra nem tudott választ adni, honnan származik a Föld egyes pontjain az elektromosságtöbblet.

Horányi 16 lapos tanulmányában tulajdonképpen nem tárgyal sokkal nagyobb anyagot, mint Purgine János, ő is csupán az alapjelenségek ismertetésére szorítkozik, de a tanköltemény megjelenése óta eltelt tíz esztendő újabb kísérleti felfedezései és elméleti megállapításai mégis merőben más, hozzánk lényegesen közelebb álló képet mutatnak.

Horányi kissé más elnevezéseket is használ. A természetes elektromosság a légköri elektromosság (evvel Horányi nem foglalkozik), a dörzsölési a mesterséges. Szigetelők elektromossága elsőfajú, vagy eredeti (primigeneris) vagy (ab origine), a vezetőké másodfajú, leszármaztatott, másodlagos vagy közlés útján létrejött (electricitas secundi generis, derivativa, secundaria vagy per communicationem). Az elektromos folyadék elnevezés még

nem szerepel, hanem az elektromos gőz, ennek megfelelően már megjelenik az elektromos testet körülvevő atmoszféra, amely követi a test alakját, de ahol csúcsok, illetve élek vannak, ott törést szenved. Ez az atmoszféra lehet fölösleg, vagy hiány atmoszféra. Egyébként azonban ez a gőz vég nélkül körben folyik a dörzsölési gép üveggömbjébe, a dörzsölő kéz és a konduktor között.

A kétféle elektromosság: a pozitív és a negatív (vagy defektív). Ebben már az elméleti állásfoglalás is benne van, a pozitív a felesleget, a defektív az elektromosság hiányát jelenti. A vonzás a kétféle elektromosság kiegyenlítődése, és szerinte a taszításra nem kell külön elméletet felállítani, mint Franklin tette, tudomásul kell venni, hogy az azonos állapotban levő testek taszítják egymást.

Az örvényelméletet éppúgy tagadja, mint Nollet ki- és beáramlási elméletét.

Nem ismeri el, hogy az elektromos effluviumok csak a vezető felületén vannak, illetve a környező levegőben. Szerinte belül is van elektromosság. Ennek ellenére a töltés felületi sűrűségének eloszlását helyesen adja meg.

Természetesen itt nem a szerző egyéni gondolatairól van szó, csak arról, hogy a korban már meglehetősen nagy mennyiségben rendelkezésre álló tapasztalatokat és az ezekre vonatkozó értelmezéseket meglehetősen jó kritikai érzékkel és ügyesen csoportosítja.

Érdekes azonban, hogy a fizikusokban akkor még olyan mélyen gyökerező négy-elem tana hogyan férkőzik be erre a teljesen modern területre. Horányi, miután a fentiekén kívül helyesen ismertette a leydeni palack működését, és megvédte Franklin elméletét Nollet ellenvetéseivel szemben, sorra veszi a négy elemet az elektromosság szempontjából.

A levegő szigetelő, a víz vezető, a tűz növeli az elektromosság terjedését, de a tűz és elektromosság kapcsolatában Horányi nem foglal állást. Végül a „föld”, azaz a szilárd testek közül a fémek, növények, állati és emberi testek jó vezetők. Ez utóbbi okból az elektromos gőzt gyógyításra is lehet használni.

Horányi tanulmánya tulajdonképpen alig részletesebb, mint az azt megelőző, már korábbiakban ismertetett tézisgyűjtemény.

Lényegesen jobban kimeríti a kérdést, és igen gazdag fizikai ismertekekről, eredeti és érdekes nézetekről tesz tanúságot egy meglehetősen ismeretlen felvidéki származású kutató, Bucsányi (Butschani) Mátyás (1739?–1796?) disszertációja 'A villámlásról és mennydörgésről az elektromosság tünényéből magyarázva.' Életéről alig tudunk többet, mint amennyit disszertációjának címlapja elárul. Zólyomi születésű, Göttingában tanult, a szóban forgó mű éppen doktori értekezése. Azután állítólag magántanár volt Göttingában, legalábbis erre mutat egy ott megjelent logikai munkája, majd Hamburgban élt. Születésének és halálának évszámában sem értenek egyet a különböző források. Nevét egy algebrakönyv és néhány, ugyancsak a légköri elektromossággal, illetve meteorológiával foglalkozó dolgozat őrzi.

A két részből álló (24, illetve 44 lapos) disszertáció első része a doktori értekezés elnök nélkül, a második részt már egy orvos védi meg két hét múlva, az akkor már filozófiai doktor Bucsányi elnöklete alatt.

A disszertáció szerkezeti felépítése nagyon világos és áttekinthető. Minden egyes paragrafusa egy kísérlet leírását tartalmazza (nem derül ki, hogy a szerző ezeket elvégezte-e), ebből azután egy vagy több következtetés von le, vitás kérdésekben szillogisztikus formában bizonyítja, majd példákkal illusztrálja állításait. Igaz, hogy ezáltal elég sűrűn ismételt, de ez egyrészt szokás is volt e korban, másrészt itt valóban annyira új területről van szó, hogy szükséges volt a jelenségeknek különféle oldalokról való megközelítésére, és ma már triviálisnak tűnő állítások többszöri igazolására.

Bucsányi már elektromos folyadékról beszél, amely dörzsöléskor keletkezik. A szigetelők a nem elektromos testek (tenax), a vezetők, amelyekben nincs elektromosság (exsors); ez utóbbiak közé Bucsányi már a földet is besorolja. A pozitív töltésű testek elektromosságot megtartó, „tenax” testeknek, a negatívakat „exorsnak”, azaz hiányosnak nevezi. Az

elektromos folyadékkal telt teret ő is „elektromos atmosphaerának” hívja. A vezetők úgy nyernek elektromosságot, ha valamely elektromos test atmoszférájába kerülnek.

Az első résznek a lényege az elektromos szikra előállítása, tulajdonságainak tanulmányozása, összehasonlítása villámlással. „Radius electricusnak” nevezi elsősorban azt a távolságot, amelyet a két ellentétes, azaz egy tenax és egy exsors elektromosságú test között a szikra át tud ütni, de azután ezt magával a szikrával, azt pedig magával az elektromos folyadékkal azonosítja. Ebből következik azonban, hogy mivel az elektromos folyadék nem meleg (akármilyen sokáig elektromozunk egy testet, nem melegszik fel), a szikra sem meleg, tehát nem is tűz. Gyújtó hatása onnan származik, hogy a testek részecskéit igen gyors mozgásra készíti. Két összedörzsölt fadarab sem tűz, mégis felmelegítik egymást! Tehát a szikrának elsősorban a mechanikai hatása nagy, ez fontos a villámcsapás szempontjából.

Ezután az ugyancsak a radius electricusszal azonos villám (fulgus) és az azt kísérő hanghatás (tonitru) leírása következik, részletes elemzésüket a második részben adja, és itt találunk néhány érdekes és eredeti fizikai megállapítást.

Villám csak felhő, egy tenax és egy exsors között, vagy egy tenax felhő és az exsors föld között (villámcsapás) keletkezhet. A magas hegyek, tornyok azért vannak kitéve a villámcsapásnak, mert kisebb a radius electricus. Kisülési kísérletek alapján kiszámítja, hogy három láb hosszú villám hatása 27 milliószor nagyobb, mint az egyvonalnyi távolságot átütő szikráé.

Általában – mint mondtuk – rendkívül részletesen foglalkozik mindenféle lehetőséggel. Miért van nyáron zivatar, milyen hatással van a villám a különféle anyagokra, milyen legyen a jó villámhárító stb. Hosszan cáfol régi babonás hiedelmeket és meséket. A legérdekesebbek azonban villámlással és a dörgéssel kapcsolatban kifejtett hőtani, fénytani és hangtani nézetei.

Tévedés azt hinni – írja –, hogy a mennydörgés a visszhang eredménye. Ahány hangot hallunk, annyi kisülés történik. A rendkívüli erősségét a hangnak a rezonancia okozza, mert: „A dörgés rezgésbe hozza azokat a testeket, amelyeket a dörgés érint, és amelyek alkalmasak arra, hogy ugyanolyan hangot adjanak, mint amilyen magának a dörgésnek a hangja.”

Régi hit szerint a zivatar fokozza a föld termékenységét. Ezen újabbak mosolyognak, mert szerintük a zivataros szél inkább árt a termésnek. Pedig nincs igazuk, mert lényegesen más a szél és más a dörgés okozta mozgás.

Evvel a kérdéssel kapcsolatban is láthatjuk, hogy Bucsányinak milyen tiszta fogalmai voltak a különféle mozgásokról. Így elmélkedik: A szél a saját irányában haladó mozgást produkál, a dörgés rezgő mozgást hoz létre. A szél az egész testet mozgatja, de nem a részecskéit, a dörgés viszont a legkisebbeket. Ha a szél nem heves, nagy tárgyakat, épületeket vagy köveket meg sem mozdit, a dörgés viszont igen. A termékenységet úgy segíti elő a dörgés, hogy rezonancia útján számtalan növényt, fát hoz rezgésbe. Képzeljünk el ui. egy olyan kapillárist, amely tele van valamely folyadéknak apró cseppjeivel, amelyek között levegő van. Ennek rugalmas erejét a hő növeli ugyan, de a csőben levő cseppek adhéziója miatt kitágulni nem tud. Ha azonban ez a rendszer rezgő mozgásba jön, szükségképpen csökken az adhéziós erő, a levegő kiterjedhet és a cseppek mozoghatnak. Ilyen kapillárist alkotnak a növények és a tavasszal megjelenő meleg és a zivatarok létrehozta rezgés növeli azok termékenységét.

A dörgés nélküli villámlásnál felmerül hang és fény fizikai különbözőségének kérdése. A tűzzel kapcsolatos megállapításaiból már kiderült, hogy Bucsányi a hő létrejöttéhez elegendőnek tartja a heves mozgást. A tűz létrejöttéhez pedig éghető anyag jelenlétét, itt kitűnik, hogy a fénytán – mint e korban igen kevesen – nemcsak osztja Euler fényelméletét, hanem azt értelmesen és meggyőzően elő tudja adni.

A hang a levegőnek, a fény egy sokkal finomabb folyadéknak rugalmas rezgése. Ahogy tehát a hangnak nincs anyaga, hanem csupán a levegőnek egy „modifikációja”, úgy nincs a fénynek sem. A hasonlóság köztük az, hogy mindkettő rezgőmozgás, egyébként annyiban

különböznek egymástól, amennyiben a levegő különbözik az étertől. Mindebből következik – zárja le ezt a gondolatmenetet –, hogy Euler elmélete helyes.

Konkrét eseményhez kapcsolja a légköri elektromosságról való mondanivalóját Schaffrath Lipót báró (1734–1808), Horányi Elek mellett a másik kiemelkedő arisztokrata piarista 'Az égi elektromosságról és az épületeknek a villámcsapástól való védelméről...' szóló, 1778-ban megjelent értekezésében, amelyben elmondja, milyen volt az 1778. július 30-án a karmeliták kolostorát sújtó villámcsapás, és mit javasol védekezésül hasonló esetek elkerülésére.

A piaristák, amikor rendjük történetéről írnak, büszkék szoktak lenni: „eklektikus” filozófiájukra, és „gyakorlati” természettudományos szemléletükre. Míg az elsőről volt alkalmunk meggyőződni, a második csak részben igaz. Az oktatásban valóban korán vittek reális elemeket, de fizikai – természettudományos munkáik – Horányit sem egészen kivéve – mindennek nevezhetők, csak gyakorlatinak nem. Schaffrath talán az egyetlen a XVIII. századi piaristák közül, aki valóban alkalmazni tudja és akarja az elméletet egészen konkrét gyakorlati esetekre.

Schaffrath Pozsonyban született, 1751-ben lépett be a piarista rendbe, itthon és Pisában tanult (ő is nagy tisztelője az olasz Beccariának), azután a pesti piarista gimnázium filozófia és fizika tanára, majd igazgatója, 1785-ben pedig a pesti bölcsészkar dékánja lett. Természettudományos munkája sajnos csak ez az egy van, pedig komoly érdeklődését mutatja a Merkur von Ungarn 1787-es évfolyamában megjelent közlemény: „Schaffrath Lipót saját költségén természettudományos kabinetet gyűjtött össze, de nem azért, hogy szórakozzék, vagy tudós látszatát keltse, hanem kabinetjét a tanuló ifjúság és más érdeklődők rendelkezésére bocsátotta. Ezért különleges dicséretet érdemel, mert ha nem is az elsők közül való volt, akik hazánkban ilyen gondolatra jutottak. Most a királynő halála miatt – aki támogatásban részesítette – kénytelen eladni gyűjteményét, lehetőleg tanintézet számára. A gyűjtemény tartalmazza: ég- és földgömbök, angol teleszkóp, különböző fajta mikroszkópok, különféle optikai tükrök, barométerek, termométerek, Torricelli-cső, különböző légszivattyúk, elektromos gép, egyszerű gépek stb.” A gyűjtemény további sorsát nem ismerjük.

Schaffrath a már eddig megismert conductor, ideelectricum symperoelectricum, ab origine, per communicationem kifejezések mellett a pozitív elektromosságú testet főleg által (per excessum), a negatívot hiány által (per defectum) elektromosnak nevezni.

Az értekezés elméleti része pontos, világos, lényegesen újat az eddigiekhez képest nem tartalmaz, csak annyiban, hogy a zivatar saját élménye volt, és tartama alatt mint egy fizikai laboratóriumban kísérletezett. Figyelmezteti az olvasót, hogy ilyenkor földelésről mindig gondoskodni kell, okulva Richmann tragikus halálából.

Az elektrosztatikával foglalkozó disszertációk sorát egy műkedvelő munkája zárja. Valentini János znióvárallyai plébános, aki saját bevallása szerint az egyetemen (még Nagyszombatban) nem tanult elektromosságot, de most öregkorára összeszedte a könyveket, és ezek alapján 31 kísérletet állított össze. Ezeket írja le 1810-ben Budán megjelent 'Exercitatio electrica' című művében. A kísérletek legtöbbször primitív és nem mind elektromos jellegű.

Az első pillanatra tehát az időben való előrehaladás nem jelentette az elektromossággal foglalkozó dolgozatok színvonalának emelkedését. Ez azonban csak látszat. Éppen egy ilyen műkedvelő munka mutatja, milyen hallatlanul megnövekedett a természettudományok iránti érdeklődés a századforduló után, és ebben nem kis része volt éppen az elektromosságnak. Hiszen ebben az időben már megszületett Jedlik Ányos aki az itt ismertetett szerény kezdeteket folytatni fogja.

A galvanizmus

A XIX. században már alig jelenik meg felvidéki szerzőtől elektrosztatikai monográfia (Valentini munkácskája megjelenhetett volna a XVIII. században is) de a tankönyvekben az elektrosztatikát körülbelül a most megismert színvonalon tárgyalják továbbra is. Az elektrosztatikában ugyanis most már elsősorban nem kísérletekkel, hanem matematikával, a jelenségek kvantitatív tárgyalásával lehetne továbblépni. De a tankönyv – és jegyzetírók még csak a Coulomb-törvényt sem ismerik (legalábbis nem ismerhetik) és a magasabb matematikát sem alkalmazzák. Horváth és Makó ugyan használják néha az analízist, de a Gauss tétel, potenciálmélet éppoly kevésbé szerepelnek, mint pl. az Euler-egyenletek, vagy a Laplace egyenlet. (Segnerre és Petzvalra persze ez nem vonatkozik, ők éppen a matematika biztos kezelésével tűntek ki).

A magasabb matematikában való járatlanság mellett a másik ok: az elektrosztatika eltűnt az érdeklődés homlokteréből, új felfedezés került a középpontba: a galvanizmus. Ezzel a felismeréssel már annyit sem kell várni az elterjedésre, mint a Franklin kísérleteknél. Tankönyvekbe, jegyzetekbe – láttuk – egy-kettőre helyet kapott és már egy rendkívüli korai időpontban Tomcsányi Ádám terjedelmes és kimerítő (355 lapos) monográfiában számol be az új felfedezésről.

Tomcsányi bevezetőjében azt írja, hogy latin nyelven ilyen összefoglaló munka még nem jelent meg sehol, éppen ez indította a munka megírására, mert remélte, hogy „ezáltal ennek a felfedezésnek dicsősége és haszna eljuthat hazánk több polgárához.”

A könyv valóban elég érdekes tudománytörténeti dokumentum ahhoz, hogy tartalomjegyzékét teljes terjedelmében ismertessük. Négy nagyobb szekcióból, azokon belül különböző számú fejezetekből áll a könyv (rövidség kedvéért a szekciókat római, a fejezeteket arab számokkal jelöljük).

I. A galvanizmus egyszerű vezetőikben

1. A galvanizmus kezdeteiről, majd az elektromosság mesterséges és természetes erejéről az izmokban
2. Az izmok mozgásáról, amelyek kizárólag a gerjesztők útján keletkeznek
3. A galvanizmus hatásáról az érzékszervekben
4. A galvanizmus hatásáról egyszerű vezetőikben

II. Az elektromotor fizikai tulajdonságairól

1. A Volta-oszlop készítéséről
2. A Volta-oszlop hármasszerkezetéről, majd abba különböző elektromosságú rétegeket függesztünk.
3. A különböző erősségű Volta-oszlopról
4. A vonzóerőkről és szikrákról az oszlopokban
5. Az elektromos halakról
6. A csak egy szilárd testből és két folyadékból készített elektromotor

III. Az elektromotor kémiai tulajdonságairól

1. A víznek alapelveire (alkotó részeire) bomlásáról, majd az oxidációról és a fémek redukációjáról, mind általában, mind elektromosság által
2. A galván és a közönséges elektromosság hatásáról képzésénél, felbontásánál és a fémoxidok redukálásánál
3. Az oxigén gáz előállításáról elektromotorral és elektromos gépekkel és az oxigén elnyeléséről

IV. A galvánelektromosság jelenségei a szerves testekben

1. A galvanizmus erejéről
2. A különböző hatásról, amellyel az elektromotor ellentétes pólusai az érzőidegekre kifejtenek
3. A változásokról, amelyeket a galvánelektromosság az állati testben és a növényekben maga után hagy

4. A galvánelektromosság egységéről a közönséggel és annak természetéről

A tartalomjegyzék úgy hisszük, bőségesen igazolja azt a véleményünket, hogy Tomcsányi könyve értékes történelmi dokumentum. Gondoljuk meg, hogy tíz évnél is fiatalabb felfedezések tömegéről van szó, ezekben eligazodni elég nagy feladat volt.

Mai fizikus is kevés akad, aki ennyire új területen összefoglaló könyv írására vállalkozik.

További érdeme Tomcsányinak, hogy világosan leírja a legfontosabb vitás kérdéseket, problémákat. Rendkívül gondosan vizsgálja meg az állati elektromosság elméletét, és azután mintegy meggyőzi önmagát is az olvasóval együtt, hogy Voltának kell közelebb járnia az igazsághoz. Sokat tud már az áram kémiai hatásáról is, pedig Nicholson és Carlisle alig néhány évvel korábban bontották először fel a vizet.

Egyébként az 1820-ban megjelent, tehát jóval későbbi tankönyv galvanizmusra vonatkozó fejezetei, amelyeket ismertettünk már, mutatják, hogy Tomcsányi állandóan haladt a korral, mert ott már szerepelnek olyan felfedezések is, amelyek itt még nem kaptak helyet.

Röviden megemlíti még Fuchs Albertnek egy 1856-ban megjelent kisebb értekezését, amelyben egy érdekes kísérletet ír le arról, hogyan viselkedik egy finomsugarú szökőkút elektromos térben. Ha felfelé lövellő vékony borszesz oszlophoz megdörzsölt üvegrúddal közelítünk, az szétspriccel és egyes cseppek a levegőben lebegnek.

Ez egyszerűen magyarázható: a cseppek között fellépő taszító erővel. Ha azonban a sugár átmérője kicsi (2–3 coll) és az üvegrúd gyengén elektromozott, a borszeszsugár részecskéi együtt maradnak, nincs cseppképződés. Fuchs igen sok kísérletet végzett, változtatva az üvegrúd távolságát, de azt a magyarázatot, hogy itt egyszerűen megosztásról van szó, nem akarja elfogadni. Szerinte egyáltalában nincs elektromos magyarázat, hanem mechanikai van. A cseppképződés mechanikai hatásra jön létre és az elektromos hatás ennek megszüntetése. Még hosszan spekulál eredmény nélkül. Az egyetlen érdekesség, hogy gondol arra, hogy a borszesz részecskék a csőből már eredetileg elektromosan lépnek ki. (Millikan-kísérlet!)

Mint a fénytani pontban, az elektromosság kutatóinak a sorát is eredeti kutató zárja: Jedlik Ányos.

Mint tanárral, tankönyvíróval már foglalkoztunk Jedlikkel. Volt szó osztógépéről és előadási kísérleteiről. Hátra van még, hogy mint XIX. századi feltalálót, aki a század legfontosabb elektromos felfedezéseit fejlesztette tovább, röviden bemutassuk. Azért csak röviden, mert Jedlik elektromos munkáinak részletes ismertetése még egy egész kötetet tehetne ki. Alig van az elektromosság történetének olyan mozzanata – főleg gyakorlati téren – amelyben Jedlik hosszú élete során ne vett volna tevékenyen és alkotóan részt.

És mégis... Mít tud a világ Jedlikről, és mit tudnak róla általában. Bizony nem sokat. Elmondják pl. fizikaórán, hogy Jedlik már hat évvel Siemens előtt felfedezte az ún. dinamó-elvet, de az is lehet, hogy már húsz évvel korábban. Régebben – a háború előtt az a mondás járta, hogy Jedlik – szerény és tudatlan tanár léte – maga sem tudta, milyen jelentős dolgot fedezett fel. Ma azt mondjuk: a Monarchia gazdasági és társadalmi viszonyai nem tették lehetővé Jedlik számára, hogy találmányát értékesítse. Ez utóbbi persze nagyjából igaz is, de nem fedi a teljes igazságot. Láttuk ugyanis, hogy a Felvidéken és Magyarországon Jedlik ifjúkorában gyakorlatilag nem létezett fizika, s nem volt fizikus sem. Kitől tanulhatott volna? Mikor Jedlik végképp eljegyezte magát a fizikával, akkor még nem volt számottevő ipar sem, amely Jedlik lángeszét szolgálatába állította volna, segített volna szabadalmi kihasználásában. Nem volt sem kormányzat, se gazdag mecénás, amely Jedliknek laboratóriumot épített volna, felszerelést vásárolt volna. Jedlik majd minden találmánya a dinamó-elv sorsára jutott. Később a szerencsésebb nyugati államok tudósai felfedezték mindazt, amit ő, és nemcsak felfedezték, hanem ki is aknázták. Siemens nevét még ma is óriási elektromos üzemek hirdetik, amelyek alapját éppen a dinamó-elv vetette meg. Jedlik

sorsa: a korukat megelőző nagy emberek tragikuma. Még tragikusabbá teszi ezt a sorsot azonban, hogy Jedlik csak hazájában előzte meg korát, világviszonylatban éppen a koralal haladt, bár ott az elsők között volt. Egész életében egyedül, társak nélkül kellett dolgoznia.

Jedlik már 1828-ban, Győrben készített egy kis forgómágnest az elektromos kísérletekhez, ami nem más, mint egy elektromotor.

Ha meggondoljuk, hogy Farady az indukcióra vonatkozó felfedezéseit csak 1832-ben publikálta, és az ezen alapuló generátorok és motorok felfedezése még évekig váratott magára, akkor Jedlik kis motorja valóban szenzációs volt. És már ennél az első találmánynál világos, milyen hátrányt jelentett Jedliknek a hazai társtalanság, magárahagyatottság: nem voltak idősebb kollégák, akikkel megbeszélhette volna a publikálási lehetőséget, nem volt fórum, ahol bemutathatta volna. A Magyar Tudományos Akadémia még nem is igen működött, de eleinte úgylis inkább nyelvi és irodalmi kérdésekkel foglalkozott.

Ezt a „mágnese forgonyt” Jedlik 1841-ben be is mutatta a Magyar Orvosok és Természettudósok vándorgyűlésén. Nincsenek rá adataim, de úgy gondolom, hogy akkoriban Jedliket kívül senki sem értette a szerkezet jelentőségét. De maga Jedlik tisztában volt vele. Egyik későbbi levelében sajnálkozva állapítja meg, miután részletesen elmondja, mit talált a külföldi irodalomban: „...Ezen körülménynél fogva részemről azon véleményem voltam, hogy a leírt elektromágnese készülékeknek és alkalmazási módjuknak én volnék a feltalálója. De csak a magam egyéniségére nézve, mert mint kezdő természettani tanárnak volt alkalmam azt tapasztalni, hogy némely természettani tünemények, amelyekre csak saját belátásom és kutatásom által jöttem, másoknál már jóval előbb ismereteseek, de nekem nem volt időm és alkalmam azokról tudomást szerezni... Jelenleg már bajos volna a feltalálási prioritás miatt bárkivel vitatkozni...”.

Azt hiszem ez az idézet még közelebről megvilágítja Jedlik tudósi és emberi egyéniségét. Hány kezdő fizikatanár jön rá ma magától sok mindenre? Kitűnik azonban szégyensége és némi önbizalomhiány is, amelyre élete későbbi során a tudományos publikációkkal való szomorú tapasztalatai elég sok okot adtak.

Így kevesen tudták, hogy Jedlik készítette forgómágnesevel az első elektromos mozdonyt, amelyet később a maga feltalálta elemmel hajtott.

Az 1840 és 50 közt eltelt időszakban Jedlik legfontosabb találmánya az igen finom optikai rácsok készítésére alkalmas osztógép. Ennél a találmánynál kémiai ismereteit is felhasználta, és először alkalmazott automatikus meghajtást.

Az 1850 utáni korszakot röviden így jellemezhetnénk Jedlik életében: kereste a legtökéletesebb áram-, illetve feszültségforrást. Foglalkozott a galvánelemek tökéletesítésével, megalkotta a több leydeni palackból álló „csöves villámfeszítőt”, az ebben használt kondenzátorok is saját találmányai.

A dinamó-elv már 1858-ban, de lehet, hogy korábban is felmerült Jedliknél.

Az elektromos generátor az indukción alapszik. Mágneses térben forgó vezetőben váltakozó feszültség, az azzal összeköttetésben álló áramkörben váltakozó áram indukálódik. A forgáshoz szükséges energiát természetesen kívülről kell bevinni: gőzturbinából, vízturbinából, vagy mint Jedlik első forgójánál, galvánelemből.

Itt két probléma van: hogyan lehet a keletkező áramot egyenárammá alakítani és hogyan lehet erős permanens mágnest készíteni a mágneses tér létrehozásához. Jedlik korában a két probléma egyaránt fontosnak látszott. Az elektromosság hőskorában ugyanis (mivel az áramot először galvánelemmel állították elő, amely egyenáramot ad) még azt hitték, hogy csak az egyenárammal lehet a technikában dolgozni. Ma már ismerjük a váltóáram előnyeit, és csak néhány terület van, ahol kizárólag egyenáram használható, így pl. az elektrolízisnél (alumíniumgyártás!), vagy a gyengeáramú berendezéseknél (rádió, TV). Ez utóbbiaknál azonban már elektroncsövek végzik az egyenirányítást. A mechanikai, forgó részekkel való egyenirányításra sokféle megoldás van, de Jedlik kapcsolása – mint minden találmánynál –

ötletes és egyszerű volt. Jedlik nem használt külön egyenirányító berendezést, hanem „unipoláris” dinamóját úgy kapcsolta, hogy minden félfordulatnál a mágneses tér iránya is megváltozik így a gép egyenáramot ad.

Még ma is ugyanolyan fontossága van minden elektromos gépben a dinamó-elvnek. Permanens mágnesek készítése költséges, másrészt az ilyen mágnes mindenféle külső behatás következtében könnyen veszíti el mágnesességét. Ha elektromágnezt, vasmagra tekercselt vezetőket alkalmazunk, akkor külön áramforrás kell az elektromágnes gerjesztéséhez.

A lágyvas fajtáknak az a tulajdonsága, hogy mágneses térben mágnesként viselkednek, de ha megszűnik a tér, el is veszítik mágnesességüket, de nem teljesen. Minden már egyszer – bármilyen módon – mágnesezett vasban marad vissza egy kevés, az ún. remanens mágnesesség. Jedlik arra a gondolatra jött, hogy ezt a remanens mágnesességet használja fel, hogy egy gyenge elektromágnezt hozzon létre. Ez a gyenge elektromágnes képes a vezetőt forgásba hozni. A forgó vezető azután tovább gerjeszti a mágnezt és annak mágneses tere olyan erős lesz, hogy a kívánt feszültség és áramerősség létrejöhessen. Megjegyezzük, hogy ez a folyamat nincs ellentétben az energia megmaradás elvével, mert a mágnes nem lesz egyre erősebb. Meghatározott idő alatt a mágnes telítődik és akkor a tér, az áram és a feszültség egyenletes lesz.

Talán felesleges hangsúlyozni, milyen óriási jelentősége van a fenti felismerésnek. Jedlik maga is tisztában volt ezzel, mégsem publikálta felfedezését, pedig bizonyos, hogy – ha előbb nem – 1861-ben már kész volt az eszköz, míg Siemens és Wheatstone 1866-ban kezdtek el a prioritáson vitatkozni.

Ha Jedlik külföldre távozott volna, mint Hell Miksa vagy Segner András, nyilván ő is részt vett volna e vitában, így azonban csak szülőhazája tartja nyilván az „elektrotechnika atyjának” alkotásait.

Úgy gondoljuk, hogy éppen Jedlik munkásságának ez a vázlatos ismertetése felment az alól, hogy hosszabban összefoglaljuk a felvidéki fizika történetének a tanulságait a feudális korszakra vonatkozólag. Sok kiváló tehetséggel ismerkedtünk meg, akik megkísérelték a viszonyok mostohasága ellenére terjeszteni a természetfilozófia és a fizika új eredményeit. Alkotásra közülük csak kevésnek nyílt módja hazájában, és még ezeknél a keveseknél is elmaradt a nemzetközi elismerés, ha hazájukban maradtak.